

## **General Disclaimer**

### **One or more of the Following Statements may affect this Document**

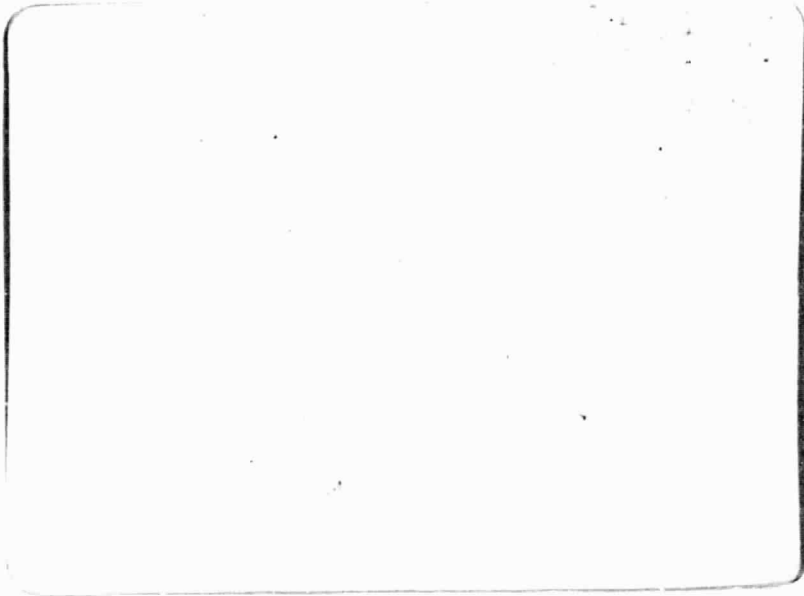
- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

E85-10009



RECEIVED BY  
NASA STI FACILITY

DATE

DCAF NO.

PROCESSED BY

☒ NASA STI FACILITY  
☐ ESA-SDS ☐ AIAA

(E85-10009 NASA-CE-168566) UTILIZATION OF  
LANDSAT ORBITAL IMAGERY IN THE SOIL SURVEY  
PROCESSES AT RIO GRANDE DO NORTE STATE  
(Instituto de Pesquisas Espaciais, São Jose)  
28 p HC A03/MF A01



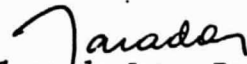
N85-11422

Unclass  
00009

CSCL 05B G3/43



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº INPE-3270-RPE/465	2. Versão	3. Data Set., 1984	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem DDS/DTM	Programa TRANSF		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) LANDSAT SOLOS FOTOPEDOLOGIA SEMI-ÁRIDO			
7. C.D.U.: 528.711.7:631.47(813.2)			
8. Título INPE-3270-RPE/465  UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS LANDSAT PARA LEVANTAMENTO DE SOLOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE		10. Páginas: 24	
		11. Última página: A.2	
9. Autoria Antonio Roberto Formaggio		12. Revisada por   Mário Valério Filho	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por   Nelson de Jesus Parada Diretor Geral	
14. Resumo/Notas  Utilizaram-se os critérios pedológicos de fotointerpretação adaptados a imagens orbitais LANDSAT: drenagem (padrão, grau de integração, densidade e grau de uniformidade), relevo (padrão, grau de dissecação e linhas de crista), textura e tonalidade fotográficas e uso da terra (tipo, tamanho das glebas e intensidade de uso), visando fazer uma avaliação do desempenho destas imagens como ferramenta auxiliar nos processos de levantamentos dos solos, no Estado do Rio Grande do Norte. Os elementos da drenagem e do relevo foram facilmente extraídos das imagens e também aqueles que trouxeram maiores possibilidades de inferências sobre limites pedológicos. Os outros critérios analisados foram considerados apenas auxiliares, corroborando alguns contornos de solos na fase de convergência de evidências. Foram delimitados com boa precisão os principais domínios pedológicos presentes na área de 30.000km <sup>2</sup> , coberta pela mesma imagem (WRS 359/16), quais sejam: a) várzeas fluviais, praias, dunas e mangues litorâneos; b) Chapada do Litoral Norte (Grupo Barreiras e Série Serra do Martins — am bos do Terciário); c) Faixa do Arenito Açú; d) Platôs residuais do Terciário (Serra de Santana e Serra João do Vale); e) Superfícies do Cristalino.			
15. Observações Apresentado no GEOTEC I, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, em novembro de 1983.			

### ABSTRACT

*Pedologic photointerpretative criteria adapted to LANDSAT orbital imagery were used: drainage (pattern, integration degree, density and uniformity degree); relief (pattern, dissection degree and crest lines); photographic texture, photographic tonnality, and land use (type, glebas size and intensity of use), regarding to make an evaluation of the performance of these imagery as an auxiliar tool in the soil survey processes, at Rio Grande do Norte State. The drainage and relief elements were easily extracted from the imagery and also that ones that provided the greatest deductive possibility about pedologic boundaries. Other analysed criteria were considered only auxiliaries, corroborating some soil limits in the evidences convergence phase. The principal pedologic dominions of the 30.000km<sup>2</sup> area covered by the same LANDSAT image (WRS 359/16) were delimited with good precision, that were: a) fluvial plains, beaches, dunes and coastal mangroves; b) North Coast-line Plateau ("Barreiras" Group and "Serra do Martins" series — both of the Tertiary); c) "Açu" Sandstone Zone; d) residual plateaus of the Tertiary ("Serra de Santana" and "Serra João do Vale"); e) plains of the embasement.*



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	2
2.1 - Área de estudo .....	2
2.2 - Imagens do LANDSAT .....	4
2.3 - Material cartográfico .....	4
2.4 - Interpretação das imagens e avaliação .....	4
3. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	6
3.1 - Critérios fotopedológicos para as imagens LANDSAT .....	6
3.2 - Modelo fotointerpretativo .....	8
4. <u>CONCLUSÕES</u> .....	15
5. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	16
APÊNDICE A - MODELO FOTOINTERPRETATIVO DOS SOLCS DA ÁREA DE ESTU DO, OBTIDO ATRAVÉS DE IMAGENS MSS E RBV LANDSAT	

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, como um País de economia fortemente assentada na Agricultura, apresenta a necessidade prioritária do conhecimento do recurso *solo* para orientar o uso racional das suas terras.

A avaliação da potencialidade de certas áreas para a exploração de uma determinada cultura, o estabelecimento de uma política correta de colonização, a definição de normas racionais de uso, manejo e conservação de solos sã poderão ser tecnicamente obtidos com base em levantamentos de solos e caracterização da aptidão agrícola das terras, realizados em níveis e escalas compatíveis com tais objetivos.

Várias pesquisas, entre as quais as de Westin e Frazee (1976), Gloria e Carneggie (1974), Hilwig (1976) e Westin e Brandner (1980), têm demonstrado a potencialidade da utilização das imagens orbitais para levantamento de solos. No Brasil, algumas pesquisas foram realizadas, podendo ser citados os trabalhos de Carneiro e Azolin (1976) sobre solos derivados de rochas basálticas da Formação Serra Geral e arenitos de Formação Tupanciretã; de Valério Filho et alii (1976, 1979) sobre solos derivados de basalto e de formações geológicas da parte ocidental da Bacia do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo; de Koffler (1976) sobre solos derivados do Arenito Bauru, e de Donzeli et alii (1983) sobre solos derivados de basaltos da Formação Serra Geral, arenitos e argilitos das Formações Corumbataí, Botucatu e Pirambôia e sedimentos arenosos do Cenozóico, também no Estado de São Paulo.

De modo geral, foram utilizados os critérios de fotointerpretação adaptados das fotografias aéreas convencionais para as imagens orbitais, ou seja, o relevo, a drenagem, a textura e a tonalidade fotográficas, e os aspectos de uso da terra, os quais são considerados as feições evidenciadas pelas imagens que mais se correlacionam com os solos de uma determinada área, conforme afirmam Hilwig (1976), Montoya (1977) e Segovia et alii (1980).

Assim, objetiva-se, nesta pesquisa, verificar o desempenho dos critérios de interpretação pedológica acima referidos, quando analisados sobre imagens orbitais LANDSAT, para uma área localizada na Região Nordeste Brasileira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo fica localizada no Estado do Rio Grande do Norte, correspondendo à imagem do LANDSAT-2, de órbita 359, ponto 16, cuja coordenada de centro é  $5^{\circ}46'S$  e  $36^{\circ}49'W$  (Figura 1), com cerca de  $30.000\text{km}^2$ .

Caracterizada em sua maior parte por clima muito quente e semi-árido, sua hidrografia, com exceção do Sistema Piranhas-Açu, é constituída de rios de regime temporário, com suas cabeceiras em áreas do cristalino, encontrando-se secos durante a maior parte do ano.

No que tange à vegetação, predominam as caatingas hiper e hipoxerófilas nas regiões mais meridionais à faixa litorânea, onde ocorre uma maior ação antrópica de cultivos agrícolas devido à presença de clima e solos mais favoráveis.

Geologicamente, ocorre, de norte para sul da área, o Grupo Barreiras, do Terciário, e, em seguida, o Grupo Apodi, do Cretácico, representado pelo Calcário Jandaíra e o Arenito Açu. Em seguida, mais ao sul destas formações, ocorrem as áreas do Pré-Cambriano, representadas por micaxistos, quartzitos, gnaisses e granitos. Em alguns platôs residuais do Terciário, como o da Serra de Santana e o da Serra João do Vale, ocorre a formação Serra do Martins (Brasil, 1971).

O saprolito destas rochas – com influência de material pseudo-autóctene em alguns locais – segundo Brasil (1971) constitui o material de origem da maior parte dos solos da área de estudo.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

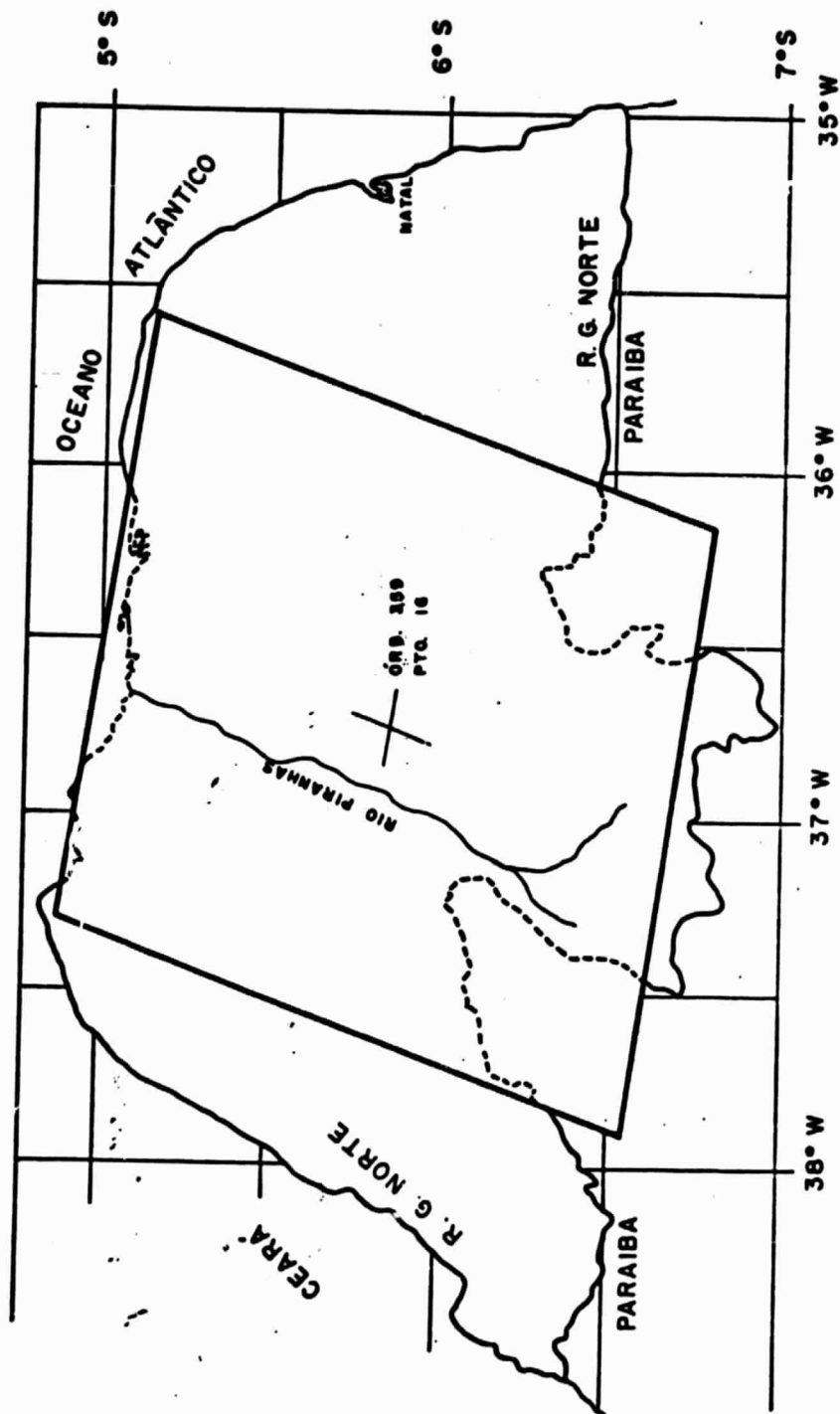


Fig. 1 - Localização da área de estudo, no Estado do Rio Grande do Norte, correspondente à imagem LANDSAT da órbita/ponto SRB 359/16.

## 2.2 - IMAGENS DO LANDSAT

Para a realização do presente trabalho foram analisadas as imagens obtidas pelo "Multispectral Scanner Subsystem" (MSS) existente a bordo do satélite LANDSAT-2, canais 5 e 7, na escala de 1:500.000, órbita SRB 359, ponto 16, obtidas em 15 de agosto de 1976.

Cada imagem MSS/LANDSAT cobre uma área de 185km x 185km, ou seja, cerca de 34.225km<sup>2</sup>, possui uma resolução geométrica de aproximadamente 80 metros, em quatro faixas espectrais; uma mesma área da superfície terrestre dispõe de coberturas repetitivas de 18 dias (para os LANDSATs 1, 2 e 3) e de 16 dias (para os LANDSATs 4 e 5), obtidas sempre à mesma hora solar local.

Foram utilizadas também as quatro subcenas do sensor RBV/LANDSAT ("Return Beam Vidicon"), na escala de 1:250.000 — resolução de 40 metros — correspondentes à mesma imagem MSS acima referida.

## 2.3 - MATERIAL CARTOGRÁFICO

Como material de apoio cartográfico e, principalmente, para a etapa de verificação de correspondência entre unidades compartilhadas por fotointerpretação e as unidades pedológicas foi utilizado o Mapa Exploratório — Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte, escala de 1:500.000, executado por BRASIL (1968).

## 2.4 - INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS E AVALIAÇÃO

Inicialmente foi feita a fotoidentificação, através das imagens dos canais 5 e 7 do MSS, contando com o auxílio da melhor resolução das subcenas do RBV/LANDSAT, dos principais elementos fotopedológicos, quais sejam, a rede de drenagem, o relevo, a textura e a tonalidade fotográficas, e os aspectos de uso da terra.

Em seguida, utilizando estes critérios de fotointerpretação para a extração de informações pedológicas a partir de imagens orbitais (Valério Filho et alii, 1981; Donzeli et alii, 1983), obteve-se um modelo fotointerpretativo preliminar da área de estudo, o qual contém a compartimentação das unidades de solos mais importantes, segundo os padrões proporcionados pelas imagens.

Para tanto, tais critérios de fotointerpretação foram analisados e descritos da seguinte maneira:

a) Relevo

- 1) *Padrão*: plano (P); suave ondulado (SO); ondulado (O); fortemente ondulado (FO); montanhoso (M) e escarpado (E).
- 2) *Grau de dissecação*: muito alto (ma); alto (a); médio (m); baixo (b) e muito baixo (mb).
- 3) *Linhas de crista*: nítidas (n); difusas (d) e ausentes (a).

b) Drenagem

- 1) *Padrão*: dendrítico (D); subdendrítico (SD); paralelo (P); subparalelo (SP); retangular (R) e ausente (A).
- 2) *Densidade*: alta (a); média (m); baixa (b) e muito baixa (mb).
- 3) *Grau de uniformidade*: alta (a); média (m) e baixa (b).

c) Textura fotográfica:

grosseira (g); média (m); fina (f) e ausente (a).

d) Tonalidade fotográfica:

clara (c); média (m) e escura (e).

e) Uso da terra

1) *Tipo*: vegetação natural (v); ocupação agrícola (a); solo exposto (se) e outros (o).

2) *Tamanho das glebas (para uso agrícola)*: grande (g); médio (m) e pequeno (p).

3) *Intensidade de uso (para uso agrícola)*: alta (a); média (m) e baixa (b).

Maiores detalhes sobre estes elementos fotopedológicos para imagens orbitais podem ser obtidos nos trabalhos de Valério Filho et alii (1981) e de Donzeli et alii (1983).

Finalmente, realizou-se uma avaliação qualitativa de correspondência e correlação entre as unidades compartimentadas por fotointerpretação e as unidades pedológicas mostradas pelo Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Rio Grande do Norte (Brasil, 1968) — documento este considerado aqui como verdade terrestre — conforme os objetivos propostos no início deste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - CRITÉRIOS FOTOPEDOLÓGICOS PARA AS IMAGENS LANDSAT

Como resultado da fotointerpretação das imagens MSS e RBV obteve-se o modelo fotointerpretativo mostrado no Apêndice A.

Os canais de drenagem foram facilmente extraíveis através das imagens dos canais 5 e 7 do MSS, pois, sendo os rios de regime temporário, os sedimentos de seus leitos arenosos exibem uma alta refletividade, que é bem contrastante com as áreas adjacentes.

Embora as subcenas RBV apresentem melhor resolução e estejam, também, numa escala maior que as imagens MSS, praticamente não trouxeram subsídios complementares significativos para a extração dos canais menores — muito importantes em fotopedologia — devido ao pequeno contraste destes canais com as áreas circunvizinhas naquele produto de sensoriamento remoto.

Em relação ao relevo, este pôde ser mais facilmente decalcado a partir da imagem MSS/canal 7. Isto pelo fato de que o relevo é evidenciado pelas variações entre as áreas de luz e sombra (tonalidades claras e escuras, respectivamente) para as imagens LANDSAT, que não contam com o recurso da estereoscopia. No canal MSS/5, e também nas subcenas RBV, as áreas vegetadas que geralmente recobrem os morros e montanhas aparecem com tonalidades bastante escuras, o que faz com que haja dificuldades de discriminação entre as áreas de sombra e relevo e as partes escuras da vegetação.

A textura, em imagens fotográficas, também pode ser visualizada pelas alternâncias de áreas claras e escuras, que estão associadas às características das feições superficiais do terreno. Este elemento foi, juntamente com o relevo, um dos mais eficientes para auxiliar na compartimentação das marchas dos diferentes solos.

A tonalidade fotográfica foi analisada diferentemente para os canais MSS/5 e 7 e para as subcenas RBV, já que os mesmos tipos de alvo apresentam comportamentos espectrais diferentes em função do produto que se esteja utilizando. Este elemento foi útil para auxiliar a definir os diferentes tipos de uso da terra, porém, não se tentou correlacionar diferentes tonalidades com diferentes tipos de solos, já que tal correlação é influenciada por vários tipos de parâmetros físicos e químicos dos próprios solos (Formaggio, 1983).



O elemento uso da terra geralmente é de utilidade limitada em trabalhos do gênero. Porém, no presente caso, pôde-se verificar que as áreas com maior intensidade de uso agrícola corresponderam sempre a solos de maior profundidade, maior capacidade de retenção d'água e mais planos. Isto, pelo fato de os outros tipos de solos, geralmente originados de materiais geológicos do cristalino, serem bastante rasos e apresentarem severas limitações para a agricultura, além das dificuldades climáticas já amplamente conhecidas.

### 3.2 - MODELO FOTOINTERPRETATIVO

Como é mostrado no Apêndice A, foi possível compartimentar a área de estudo, através das imagens orbitais LANDSAT, em 5 grandes domínios, e seus respectivos subdomínios, os quais correspondem a aspectos fisiográficos, geológicos e, conseqüentemente, pedológicos distintos, e também apresentam aspectos superficiais característicos, claramente evidenciados por estas imagens. Estes grandes domínios, bem como as respectivas designações simbólicas utilizadas no Apêndice A, são os seguintes:

- I) As várzeas fluviais (V) e as praias, dunas e mangues litorâneos (D);
- II) A chapada do Litoral Norte (T1, T1U e T2);
- III) A Faixa do Arenito Açú (A);
- IV) Os Platôs Residuais do Terciário, representados pelo platô de Serra de Santana e pelo de Serra João do Vale (P);
- V) As Superfícies do Cristalino, englobando áreas de pediplanação e áreas de relevo acidentado (C1, C2, C3, C4, C4A, C5, C6, C7, C8 e C9).

Para tal compartimentação a contribuição e a importância — em ordem decrescente — para cada critério fotopedológico foram as seguintes: o relevo, a drenagem, a textura fotográfica, os aspectos de uso da terra e, por fim, a tonalidade fotográfica.

A Tabela 1 mostra o resultado de uma análise mais aprofundada dos critérios de fotointerpretação utilizados e sua correlação com cada um dos subdomínios pedológicos compartimentados nas imagens de LANDSAT, bem como a correlação destes com as correspondentes unidades do mapa de solos executado por Brasil (1968).

Através desta tabela, é possível verificar que o domínio I (designações V e D) é caracterizado por relevo plano, contíguo ao longo dos rios, com tonalidades claras e médias devidas aos sedimentos arenosos e uso para agricultura, correspondendo a solos aluviais, halo-mórficos e areias quartzosas.

O domínio II (designações T<sup>1</sup>, T1U e T2) corresponde a áreas de relevo plano e suave ondulado; drenagem de padrão paralelo e subparalelo, pouco densa; com uso agrícola relativamente intenso — tendo sido mais intenso no subdomínio T1U — correlacionando-se principalmente com cambissóis, regossóis, podzólico eutrófico e areias quartzosas.

No domínio III (designação A), os solos provenientes do Arenito Açú, numa faixa entre a Chapada do Litoral Norte e as áreas do cristalino, apresentam relevo plano, drenagem subparalela com baixa densidade e uso agrícola, correspondendo a latossolo "intergrade" para podzólico eutrófico e a areias quartzosas.

O quarto domínio (designação P) corresponde aos platôs residuais do Terciário, da Serra de Santana e da Serra João do Vale, com relevo plano, ausência de drenagem visível nas imagens e alta intensidade de uso agrícola. Deve-se salientar que os limites do modelo fotointerpretativo são bem mais precisos que os do mapa de solos.

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS FOTOINTERPRETATIVAS PARA OS COMPARTIMENTOS PEDOLÓGICOS OBTIDOS ATRAVÉS  
DE IMAGENS DO LANDSAT E CORRESPONDÊNCIA COM O MAPA DE SOLOS (BRASIL, 1971)

DOMÍNIOS		SUB-DOMÍNIOS	INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS											CORRESPONDÊNCIA COM O MAPA DE SOLOS		
			RELEVO			DRENAGEM			TEXTURA FOTOGRÁFICA	TONALIDADE FOTOGRÁFICA			USO-DA-TERRA			
			PADRÃO	GRAU DE DISSECAÇÃO	LINHAS DE CRISTA	PADRÃO	DENSIDADE	GRAU DE UNIFORMIDADE		CANAL 5	CANAL 7	RBV	TÍPO		TAMANHO DAS GLEBAS	INTENSIDADE DE USO
I	V	P	-	-	-	A	-	-	a	m/c	m/c	m	a	p	a	Ae+H+Rz
	D	P	-	-	-	A	-	-	a	c/m	c/m	c/m	se	-	-	AQM+SK+SS+Al
II	T1	P	-	-	-	P	mb	-	a	e	m/e	e	v/a	m/g	m	Ce+Re+LV+Pe/AQd
	T1U	P	-	-	-	P	mb	-	m	c	c	c	a	m/g	a	PE
III	T2	S0	b	a	a	SP	b	m	m	m/e	m	e	a	m	b	PE+Re
	A	P	-	-	-	SP	b	m	m	m/e	m	e	a	p	m	LV+Pe/AQd
IV	P	P	-	-	-	A	-	-	f/m	m/e	c/m	m	a	m/g	a	LV+Ad
	C1	S0	b	a	a	D/SD	m	m	a	c/m	m	m	v	-	-	Re+NC+HCV+SS+AR+PE+REE
V	C2	E	ma	n	D	D	a	a	m/f	e	e	e	v	-	-	Re+NC
	C3	M/E	a	d/n	A	A	-	-	g	e	e	e	v	-	-	Re+AR
	C4	M	a	n	A	A	-	-	g/m	e	e	e	v	-	-	Re+AR
	C4A	O	m	d	A	A	-	-	m	e	e	e	v	-	-	Re+AR+REE
	C5	M	a	n	A	A	-	-	g/m	e	e	e	v	-	-	Re+AR
	C6	O	m	d/n	R	R	m	b	m/f	e	m/e	e	v	-	-	Re+PL+SS+AR
	C6A	O	m	d/n	SD	SD	m	b	m/f	m/c	m	m/c	se/v	-	-	Re
	C7	O/F0	m	d/n	SD	SD	b	b	m	e	m	e	v	-	-	Re+HCV+/R+PE
	C8	S0	mb	a	A	A	-	-	m/f	c	c	c	a	p	a	LV+e
	C9	S0	mb	a	SP	SP	b	b	m/f	c	c	c	se	-	-	NC+Re

Apresenta-se a seguir a significação das designações a) para os elementos de interpretação das imagens e b) para os solos (Tabela 1).

a) Significado das designações para os elementos de interpretação das imagens (Tabela 1)

- Relevo

a) Padrão

P = plano  
S0 = suave ondulado  
O = ondulado  
F0 = fortemente ondulado  
M = montanhoso  
E = escarpado

b) Grau de dissecação

ma = muito alto  
a = alto  
m = médio  
b = baixo  
mb = muito baixo

c) Linhas de crista

n = nítidas  
d = difusas  
a = ausentes

- Drenagem

a) Padrão

D = dendrítico  
SD = subdendrítico  
P = paralelo

SP = subparalelo

R = retangular

A = ausente

b) Densidade

a = alta

m = média

b = baixa

mb = muito baixa

c) Grau de uniformidade

a = alta

m = média

b = baixa

- Textura fotográfica

g = grosseira

m = média

f = fina

a = ausente (lisa)

- Tonalidade fotográfica

c = clara

m = média

e = escura

- Uso da terra

a) Tipo

v = vegetação natural

a = ocupação agrícola

se = solo exposto

o = outros

b) Tamanho

g = grande  
m = médio  
p = pequeno

c) Intensidade de uso

a = alta  
m = média  
b = baixa

b) Significação das designações para os solos (Tabela 1)

A = Solos Aluviais  
HI = Solos Halomórficos Indiscriminados  
RZ = Rendzina  
AQMd = Areias Quartzosas Marinhas distróficas  
SK = Solonchak Solonêtzico  
SS = Solonetz Solodizado  
C = Cambissolo  
R = Solos Litólicos  
LVA/PE = Latossolo Vermelho Amarelo intermediário para Podzól<sub>i</sub>  
co Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico  
AQ = Areias Quartzosas  
PE = Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico  
NC = Bruno Não-Cálcico  
AR = Afloramentos de Rocha  
PL = Planossol Solódico  
e = caráter eutrófico  
d = caráter distrófico  
v = caráter vértico

Domínios

I - Várzeas fluviais, praias, dunas e mangues litorâneos.  
II - Chapada do Litoral Norte.

- III - Faixa do Arenito Açú.
- IV - Platôs residuais do Terciário.
- V - Superfícies do Cristalino.

O domínio V (designações C1, C2, C3, C4, C4A, C5, C6, C6A, C7, C8 e C9) corresponde à maior parte da área estudada e está sobre geologia pré-cambriana, com relevo variando desde o suave ondulado até o montanhoso e o escarpado, com drenagem variável e solos rasos, predominando os Litólicos, os Afloramentos de Rocha e os Bruno-Não-Cálculos, conforme o mapa de solos utilizado.

Como se pode verificar pelo que foi exposto até aqui, estas subdivisões mostradas no Apêndice A correspondem muito mais a as sociações de solos do que a unidades pedológicas individuais, com exceção dos subdomínios T1U, P, C6A e C8, que tiveram seus limites decalçados com facilidade e com uma precisão provavelmente maior que aquela do mapa de solos. Com exceção destes, não houve nenhum elemento superficial do terreno evidenciável pelas imagens que pudesse mostrar a possibilidade de limites de solos dentro dos outros domínios compartimentados.

Contudo, é válido ressaltar a importância de fase de campo numa intensidade compatível, que, aliada aos dados de laboratório, proporcione subsídios para o estabelecimento daqueles limites, juntamente com as informações da fase de fotointerpretação. Conforme a densidade das observações de campo, é provável que se chegue até a escalas melhores do que 1:250.000, utilizando imagens orbitais do LANDSAT.

Pela experiência adquirida na execução do presente trabalho, e também pelo que é afirmado em vários trabalhos de pesquisa semelhantes, pode-se dizer que as imagens do LANDSAT são, atualmente, o produto ideal de sensoriamento remoto para a integração de vários tipos de dados já disponíveis sobre uma determinada área em estudo — como os dados bibliográficos, os dados cartográficos e multitemáticos, por exemplo — os quais deverão facilitar muito a tarefa de levantamento de solos. Isto, pela visão globalizante da área coberta por uma mes

ma imagem, ou seja, cerca de 34.225km<sup>2</sup> de superfície terrestre. Seriam necessárias mais de 1600 fotografias aéreas na escala de 1:20.000, sem sobreposição — com o consequente aumento de trabalho — para cobrir a mesma área de uma imagem do LANDSAT, sugerindo assim grande importância e potencialidade para um País de dimensões geográficas tão grandes como o Brasil.

#### 4. CONCLUSÕES

Através do uso das imagens orbitais do LANDSAT, na área estudada, foi possível delimitar com clareza 5 grandes domínios:

- I) Várzeas fluviais, praias, dunas e mangues litorâneos,
- II) Chapada do Litoral Norte,
- III) Faixa do Arenito Açú,
- IV) Platôs Residuais do Terciário, e
- V) Superfícies do Cristalino.

Tal subdivisão é, geralmente, concordante com o material bibliográfico e cartográfico utilizado.

Os critérios fotopedológicos analisados foram bastante eficientes, tendo havido, numa avaliação qualitativa, maior contribuição, em ordem decrescente, para o relevo, a drenagem, a textura fotográfica, o uso da terra e a tonalidade fotográfica.

As imagens do LANDSAT, pela sua característica de visão sinóptica da superfície terrestre e pela sua riqueza de informações, constituem excelente meio para a integração de dados auxiliares diversos, quando se pretende realizar levantamentos de solos.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. *Mapa exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte*. Escala 1:500.000. Recife, 1968.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife, 1971. (Boletim Técnico nº 21).
- CARNEIRO, C.M.R.; AZOLIN, M.A.D. Utilização de imagens MSS do ERTS-1 em levantamentos de solos em comparação com fotografias aéreas verticais. *Revista do Centro Ciências Rurais*, 6:55-66, 1976.
- DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; NOGUEIRA, F.P.; PEREZ FILHO, A.; KOFFLER, N.F. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 7:89-94, 1983.
- FORMAGGIO, A.R. *Comportamento espectral de quatro solos do Estado de São Paulo nos níveis orbital, de campo e de laboratório*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, setembro 1983. (INPE-2878-TDL/144).
- GLORIA, S.D.; CARNEGIE, D.M. Mapping soil and associated resources in northeastern California using ERTS-1 and supporting aircraft data. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING AND PHOTOINTERPRETATION. *Proceedings*. Baniff, Alberta, The Canadian Institute of Surveying, 1974. v. 1, p. 65-74.
- HILWIG, F.W. Visual interpretation of LANDSAT imagery for a reconnaissance soil survey of the Ganges river fan, Southwest of Hardwar, India. *ITC Journal*, 1:26-43, 1976.
- KOFFLER, N.F. *Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do arenito Bauru*. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1976. 150 p. (INPE-898-TPT/029).

- MONTOYA, A. Comparación de interpretaciones fisiográficas de imagens LANDSAT, radar con fotografías aéreas para una zona de los llanos orientales de Colombia. *Revista CIAF*, 4:83-89, 1977.
- SEGOVIA, A.V.; FOSS, J.E.; SOLER, E.A. Evaluation of soils and landscapes of the seasonal tropics by means of remote sensing images; an interdisciplinary study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 14., Costa Rica, 1980. *Proceedings*. Ann Arbor, Michigan, ERIM, 1980, v. 2, p. 913-928.
- VALÉRIO FILHO, M.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em Pedologia*. São José dos Campos, INPE, 1981. 51p. (INPE-2211-MD/008).
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos*. *Dissertação de Mestrado*. São José dos Campos, INPE, 1976, 247 p. (INPE-912-TPT/030).
- VALERIO FILHO, M.; QUEIROZ NETO, J.P.; KOFFLER, N.F. *Reconhecimento dos grandes domínios pedológicos da bacia do Paraíba (parte ocidental) através de imagens LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1979. 53 p. (INPE-1623-RPE/088).
- WESTIN, F.C.; BRANDNER, T.M. Use of LANDSAT data in soil and agricultural land use studies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 14, Costa Rica, 1980. *Proceedings*. Ann Arbor, Michigan, ERIM, 1980. v. 1, p. 389-400.
- WESTIN, F.C.; FRAZEE, C.L. LANDSAT data, its use in a soil survey program. *Soil Science Society American Journal*, 40:81-89, 1976.

APÊNDICE A

MODELO FOTOINTERPRETATIVO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO, OBTIDO ATRAVÉS  
DE IMAGENS MSS E RBV DO LANDSAT